

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2006-113437

(43)Date of publication of application : 27.04.2006

(51)Int.Cl.

*G02B 26/08 (2006. 01)*  
*B81B 3/00 (2006. 01)*

(21)Application number : 2004-302639

(71)Applicant : NGK INSULATORS LTD

(22)Date of filing : 18.10.2004

(72)Inventor : KAWAGUCHI TATSUO  
OMORI MAKOTO

## (54) MICROMIRROR DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a micromirror device applicable to an optical switch, in which a distortion of an optical beam hardly occurs, and an optical signal is switched at high speed.

SOLUTION: The micromirror device having a micromirror and a piezoelectric actuator array on which a plurality of piezoelectric elements are arranged is provided. The micromirror device is characterized in that the device has an elastic member between the micromirror and the piezoelectric actuator array, and the elongation and the contraction of the piezoelectric elements composing the piezoelectric actuator array are transformed into a rotational dislocation into two axis directions of the micromirror via the elastic member.

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]

It is a micro mirror device which possesses a micro mirror and a piezo-electric actuator array by which two or more piezoelectric devices which reveal elastic displacement to a normal line direction of a mirror plane of the micro mirror were arranged and with which said piezo-electric actuator array is allocated in a rear face of said micro mirror,

An elastic member which connects a crowning of two or more piezoelectric devices which constitute said piezo-electric actuator array between said micro mirror and said piezo-electric actuator array is equipped,

It comes to connect said micro mirror and said elastic member via a narrow supporter formed in a portion which carries out said connection of said elastic member,

A micro mirror device from which said elastic displacement of a piezoelectric device which constitutes said piezo-electric actuator array is changed into rotation displacement to the biaxial direction of said micro mirror via said elastic member.

[Claim 2]

Said two or more piezoelectric devices present prism form, and are arranged by matrix form in a field of 1 of a ceramic substrate, said piezo-electric actuator array carries out calcination unification with said ceramic substrate, and is formed, and it is an element which produces displacement by the piezo-electric transversal effect,

The micro mirror device according to claim 1 which is a sheet shaped component which said elastic member presents a lattice-like pattern.

[Claim 3]

An elastic member which connects a crowning of two or more piezoelectric devices which constitute said piezo-electric actuator array compares with a top close part of each piezoelectric device, The micro mirror device according to claim 1 or 2 with which intensity of a central close part between two or more piezoelectric devices concerning said connection is small, and said narrow supporter is formed in said central close part of the elastic member.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[Field of the Invention]

[0001]

This invention is provided with a piezo-electric actuator array as drive mechanism, and relates to the micro mirror device to which the angle of a micro mirror may be freely changed with the displacement which the piezoelectric device of a piezo-electric actuator array causes.

[Background of the Invention]

[0002]

The construction of an optical communication network system which does not carry out photoelectric conversion is progressing much more recently, and it is thought that the network system by the light replaced with an electrical signal will become in use from now on. Under such a background, in order to correspond to large scale-ization of an optical communication network, while expectations gather for the optical switch which can change the course of a lightwave signal with light, development of the suitable micro mirror device for use to the optical switch and application is hurried.

[0003]

A micro mirror device is a device which can control precisely each angle of two or more micro mirrors arranged one dimension thru/or in two dimensions in the biaxial direction. By controlling the angle of a micro mirror, the reflecting direction of the optical beam which entered into the micro mirror can be changed, and it is used as a main configuration section article of an optical switch. Such a micro mirror device is produced by the MEMS (Micro Electro Mechanical System) technology which used the silicon process, and, generally, is using the electrostatic actuator as drive mechanism.

[0004]

An example of the conventional micro mirror device which uses an electrostatic actuator as drive mechanism is shown in drawing 8 (a) and drawing 8 (b). Drawing 8 (a) is a top view and drawing 8 (b) is a figure showing the AA' section in drawing 8 (a). The micro mirror device 80 illustrated is a device with which the micro mirror 81 was attached to the mirror placing part 84 supported with the torsion bar spring 82 so that it can carry out movable easily. The micro mirror device 80 is a device which uses electrostatic force to the mirror placing part 84, inclines the mirror placing part 84, and can control the angle of the micro mirror 81 by energizing to the electrode 83. The patent documents 1-3 are mentioned as a prior art reference concerning the optical switch having contained the micro mirror or the micro mirror.

[Patent documents 1] US,5,960,132,B Description

[Patent documents 2] US,6,072,924,B Description

[Patent documents 3] JP,H8-320441,A

[Patent documents 4] US,2004/0070315,A Description

[Description of the Invention]

[Problem to be solved by the invention]

[0005]

However, there were conditions that driving force was small and the micro mirror 81 had to be lightly made thin since the micro mirror device 80 shown in drawing 8 (a) and drawing 8 (b) is a thing using electrostatic force. As a result, it falls and becomes easy to change the rigidity of the micro mirror 81, and the problem of being easy to be distorted after an optical beam's reflecting had arisen. The operation which changes the angle of the micro mirror 81 was slow, and it was difficult to change a lightwave signal at high speed.

[0006]

This invention is made in view of such conventional SUBJECT, and there is a place made into the purpose of this invention in providing a micro mirror device which conquered a fault of the conventional micro mirror device using electrostatic force. . As [ drive / a rigid high (that is, heavy) micro mirror / as a result of research piling up / at high speed ] An electrostrictive actuator (array) in which positioning control with it is possible is used as drive mechanism, [ large driving force and ] [ precise ] With a micro mirror device possessing a mechanism of changing into rotation displacement to the biaxial direction of a micro mirror elastic displacement which the electrostrictive actuator (piezoelectric device) causes. It found out that it was possible to control distortion of an optical beam, etc. and to change a lightwave signal more quickly, and this invention was completed.

[Means for solving problem]

[0007]

Namely, a piezo-electric actuator array by which two or more piezoelectric devices which reveal elastic displacement to a normal line direction of a mirror plane of a micro mirror and its micro mirror were arranged first according to this invention. Provide, and a piezo-electric actuator array is a micro mirror device allocated in a rear face of a micro mirror, and between a micro mirror and a piezo-electric actuator array, An elastic member which connects a crowning of two or more piezoelectric devices which constitute a piezo-electric actuator array is equipped. Elastic displacement of a piezoelectric device which it comes to connect a micro mirror and an elastic member via a narrow supporter formed in a portion which carries out the above-mentioned connection of an elastic member, and constitutes a piezo-electric actuator array via an elastic member, A micro mirror device changed into rotation displacement to the biaxial direction of a micro mirror is provided.

[0008]

Although the micro mirror device of this invention does not limit the number of micro mirrors but what is necessary is just one or

more, two or more piezoelectric devices are together put to one micro mirror. What is necessary is just to combine at least three or more piezoelectric devices (actuator) or two piezoelectric devices, and one holding part (the piezoelectric device which does not move may be sufficient), in order to rotate one micro mirror in the biaxial direction. By [ this ] combining and coming out and carrying out elastic displacement of at least one or more piezoelectric devices, it is possible for the elastic member which connects the crowning of a piezoelectric device to bend, and to make the angle of a micro mirror variable via that modification.

[0009]

a narrow supporter is a portion which supports a micro mirror in view of the elastic member side — the — that it is narrow. In the portion which each of a micro mirror and an elastic member joins to a narrow supporter at least although a size in particular is not limited. It has the intensity fully fixed, and as long as the reproducibility of the displacement which the piezoelectric device of a piezo-electric actuator array reveals is good and it may transmit to a micro mirror, the area of the portion which a narrow supporter and an elastic member join means the grade which becomes smaller. It is because modification of the elastic member, produced with the displacement which a piezoelectric device reveals will be amplified more and will get across to a micro mirror, if the micro mirror and the elastic member are connected by such a narrow supporter. Although a narrow supporter is not limited, a thin column body-shaped thing can be used for it, for example.

[0010]

A narrow supporter may be a portion which intervenes connection between a micro mirror and an elastic member, may be a height united with the elastic member side, may be a height united with the micro mirror side, and may be a component by which itself is fabricated independently.

[0011]

If a position in which a narrow supporter is formed is a portion which connects a crowning of two or more piezoelectric devices of an elastic member, it will not be limited, but a more desirable position is a center between crownings of two or more piezoelectric devices. It is because displacement which two or more piezoelectric devices reveal gets across to a micro mirror uniformly, so control of the angle becomes easy.

[0012]

The elasticity of an elastic member means elasticity over plasticity, an elastic member will change, if power is applied to an object from outside, if the power is removed, it is the component provided with character which tries to return to the original form, for example, metal components correspond.

[0013]

In a micro mirror device of this invention, As for a piezo-electric actuator array, two or more piezoelectric devices present prism form. It is arranged by matrix form, and calcination unification is carried out with a ceramic substrate, and it is formed in a field of 1 of a ceramic substrate, and is an element which produces displacement by the piezo-electric transversal effect, and, as for an elastic member, it is preferred that it is a sheet shaped component which presents a lattice-like pattern.

[0014]

It is the low dusting-characteristics matrix type piezo-electricity (/electrostriction) device indicated in the patent documents 4 which these people indicated, for example as a piezo-electric actuator array using displacement of the above piezo-electric transversal effects, and what reveals displacement of the piezo-electric transversal effect is preferred. When electric field are added in the same direction as a polarization direction, they call the displacement in case a piezoelectric device changes so that it may expand and contract perpendicularly displacement of the piezo-electric transversal effect.

[0015]

The piezoelectric device which constitutes a piezo-electric actuator array, Although it is the displacement element which sandwiched the piezo electric crystal by the electrode of the couple at least and is not limited, a piezoelectric device, It has even stratified piezo electric crystals, and laminating is preferred so that a common electrode stratified in the field in each and a stratified individual electrode may be inserted by turns and a stratified common electrode may serve as the outermost layer, and as for the number of layers of a stratified piezo electric crystal, it is still more preferred that the number is even [ four or more ].

[0016]

In the micro mirror device of this invention, The elastic member which connects the crowning of two or more piezoelectric devices which constitute a piezo-electric actuator array compares with the top close part of each piezoelectric device. The intensity of the central close part between two or more piezoelectric devices (crowning) concerning connection is small, and it is preferred that a narrow supporter is formed in the central close part of the elastic member.

[0017]

Although a means which makes intensity of a central close part small is not limited, for example, material strength may be selectively reduced by changing character of material of the central close part etc., as a easier means, A method of making it small as strength of structure by making it thin, making the central close part thin, etc. is employable.

[0018]

In a micro mirror device of this invention, it is preferred that two or more micro mirrors are equipped and an elastic member is independently equipped for each micro mirror of every.

[0019]

That an elastic member is equipped independently means that an elastic member which transmits elastic displacement of a piezoelectric device to a micro mirror is separated for every micro mirror.

[0020]

In a micro mirror device of this invention, the surface of a micro mirror is a mirror plane and a piezo-electric actuator array which is drive mechanism is allocated in the rear-face side of a micro mirror. Although form of a micro mirror may not be limited but it may be circular, an ellipse form, etc., since two or more piezoelectric devices use a piezo-electric actuator array preferably arranged by matrix form as the drive mechanism, form which can enlarge a usable area of a mirror plane more according to it is preferred. For example, they are a square, a rectangle, etc.

[Effect of the Invention]

[0021]

The micro mirror device of this invention as drive mechanism of a micro mirror, Have a predetermined elastic member between a micro mirror and a piezo-electric actuator array not using an electrostatic actuator but using an electrostrictive actuator (array), and the elastic displacement of the piezoelectric device of a piezo-electric actuator array via an elastic member, Since it changes into the rotation displacement to the biaxial direction of a micro mirror and the angle of a micro mirror is changed, a rigid

high micro mirror can be driven at high speed, and the angle can be changed.

[0022]

In the desirable mode, the above-mentioned predetermined elastic member compares the micro mirror device of this invention with the top close part of each piezoelectric device. Intensity of the central close part between two or more piezoelectric devices (crowning) concerning connection is made small, and a narrow supporter is formed in the central close part of the elastic member, i.e., a portion with small intensity. Therefore, since modification of an elastic member concentrates on a portion with the small intensity, the elastic displacement which a piezoelectric device reveals can be more efficiently changed into the rotation displacement of a micro mirror.

[0023]

Since the micro mirror device of this invention is equipped with two or more micro mirrors, and an elastic member is separated for each micro mirror of every and it is independently equipped with it in the desirable mode, It is hard to produce the cross talk between the rotation displacement of the adjoining micro mirror, and the angle control of a micro mirror can carry out with more sufficient accuracy.

[Best Mode of Carrying Out the Invention]

[0024]

Although an embodiment is hereafter described suitably about this invention, taking Drawings into consideration, this invention should be limited to these and should not be interpreted. It is a range which does not spoil the summary of this invention, and various change, correction, improvement, and substitution can be added based on a person's skilled in the art knowledge. For example, this invention is not restricted by the information shown in the mode expressed by Drawings or Drawings although Drawings express a suitable embodiment of the invention. When carrying out or verifying this invention, the same means as what was described in this Description, or an equal means may be applied, but a suitable means is a means described below.

[0025]

Although the piezoelectric device and the piezo-electric actuator array which constitute the micro mirror device of this invention are expressed as piezo-electricity, It is an actuator of the array form which arranged the element and it using distortion induced by electric field. It is not limited to the element using the piezo-electric effect which generates the distortion amount proportional to the impressed electric field in the meaning in a narrow sense in general, etc., The element using phenomena, such as a phase transition between the antiferroelectric phase-ferroelectric phases seen by the electrostrictive effect which generates the distortion amount proportional to the square of the impressed electric field in general, the polarization inversion seen by the ferroelectric material at large, and antiferroelectric-material material, etc. are contained. Also about whether a poling process is performed, it is suitably determined based on the character of the material concerning the piezo electric crystal of a piezoelectric device. The piezo electric crystal which constitutes a piezoelectric device refers to what piezoelectric material (it is not a narrow sense similarly) made definite shape.

[0026]

The micro mirror device of this invention possesses a micro mirror and a piezo-electric actuator array, and it comes to allocate a piezo-electric actuator array in the rear face of a micro mirror. The piezoelectric device of plurality [ actuator array / piezo-electric ] is arranged, and each piezoelectric device of the reveals elastic displacement to the normal line direction of the mirror plane of a micro mirror. The micro mirror device of this invention is equipped with the elastic member between the micro mirror and the piezo-electric actuator array, and the elastic member is connecting the crowning of two or more piezoelectric devices which constitute a piezo-electric actuator array. And the micro mirror and the elastic member are connected via the narrow supporter formed in the portion which carries out the above-mentioned connection of an elastic member. The elastic displacement of the above-mentioned piezoelectric device is changed into the rotation displacement to the biaxial direction of a micro mirror via the above-mentioned elastic member, and the micro mirror device of this invention which has such a form enables change of the angle of a micro mirror.

[0027]

Hereafter, the component of the micro mirror device of this invention is explained one by one. The micro mirror device which will explain a component from now on is equipped with four micro mirrors, and four piezoelectric devices are together put to each micro mirror.

[0028]

First, a piezo-electric actuator array is explained. Drawing 1 is a perspective view showing one embodiment of the piezo-electric actuator array which constitutes the micro mirror device of this invention, and drawing 2 is the top view (plan in drawing 1). The piezo-electric actuator array 10 illustrated, The piezoelectric device 31 of the prism form which consists of the piezo electric crystal 4 and the electrodes 18 and 19 of a couple on the ceramic substrate 2, It is an actuator of the array form which comes to carry out 16-piece (=4x4) arrangement, and calcination unification is carried out and the ceramic substrate 2 and the piezoelectric device 31 (piezo electric crystal 4) are formed in matrix form. The electrode 18 is an individual electrode which became independent for every piezoelectric device, and the electrode 19 is a common electrode common to all the piezoelectric devices.

[0029]

each piezoelectric device 31 shown in drawing 1, although expressed the piezo electric crystal 4 of one prism form, and the electrodes 18 and 19 of the couple which sandwiched it as what is come out of and constituted, In the micro mirror device of this invention, a more desirable piezoelectric device, It is a thing of the mode which has even stratified piezo electric crystals, is laminated so that an individual electrode (for example, 18 about electrode) stratified of the field and a stratified common electrode (for example, 19 about electrode) may be inserted by turns and a stratified common electrode may serve as the outermost layer, and presents prism form as a whole. [ each ] As for the number of layers of a piezo electric crystal, it is preferred that the number is even [ four or more ]. By making a number of layers into even number, it is because it becomes possible to use as a common electrode each electrode exposed to the second page of the outermost layer and an electric short circuit becomes difficult to take place between the adjoining piezoelectric devices. When a number of layers is 2, and the two layer thickness differs slightly, there is a possibility (it will move to the longitudinal direction in drawing 1) that the Masanao nature of displacement will get worse, but it is because the influence by the difference of the thickness of a piezo electric crystal can be reduced if the number is even [ four or more ].

[0030]

Each piezoelectric device 31 (piezo electric crystal 4) is an element which produces displacement by the piezo-electric transversal effect, and when the lower end is fixed on the ceramic substrate 2 and the electric field E are added in the same

direction as the polarization direction P, it produces the elastic displacement of the direction (sliding direction in drawing 1) of arrow S with perpendicular them. The piezo-electric actuator array 10 is drive mechanism of a micro mirror which drives a micro mirror, when each piezoelectric device 31 causes such [ all at once ] individual or elastic displacement.

[0031]

In addition, as for the piezoelectric device 31, the side in which the electrodes 18 and 19 of the piezo electric crystal 4 were formed is a raw calcination side where processing is not performed at all (refer to patent documents 4). As a result, generating of particle is controlled over a long period of time, and it is hard to produce the dirt of the mirror plane of the micro mirror resulting from the drive operation of the piezo-electric actuator array 10.

[0032]

Next, an elastic member is explained. Drawing 3 is a top view showing one embodiment of the elastic member which constitutes the micro mirror device of this invention. The elastic member 30 is a lattice-like pattern a sheet shaped component to present, and so that it may be illustrated the lattice-like pattern. While it is formed so that the crowning 7 (refer to drawing 1) of two or more piezoelectric devices 31 which constitute the above-mentioned piezo-electric actuator array 10 may be connected, and the intersection Q of the lattice existing [ 16 ] is positioned by the center of the crowning 7 of the 16 piezoelectric devices 31. The narrow supporter which connects four micro mirrors to the intersection R of four lattices enclosed on the intersection Q in every four pieces is positioned.

[0033]

Although a lattice portion is formed by fixed width, the elastic member 30, As stated above, an elastic member may make thin (narrowly) width of the lattice of the central close part (namely, intersection R close part) between the crownings of two or more piezoelectric devices concerning connection as compared with the width of the lattice of the top close part (namely, intersection Q close part) of each piezoelectric device, and may make strength of structure of the portion small.

[0034]

The elastic member 30 may make an elastic member become independent every four micro mirrors, although expressed as a component of one with which all lattice portions are connected as it is previous statement. That is, the lattice of an elastic member may be separated so that the four intersections Q and the one intersection R enclosed by it corresponding to one micro mirror may be 1 set.

[0035]

Next, a micro mirror is explained. Drawing 4 is a top view showing one embodiment of the micro mirror which constitutes the micro mirror device of this invention. The four micro mirrors 41 illustrated present a square, the whole surface (surface) is the mirror plane 43, and the narrow supporter 42 is formed in other fields (rear face) at the center.

[0036]

The narrow supporter 42 is formed as a height with column body form small in general united with the micro mirror 41, connects the intersection R of the elastic member 30 (equivalent to the center between the crownings of two or more piezoelectric devices) with the micro mirror 41, and supports the micro mirror 41 on the elastic member 30.

[0037]

Drawing 5 will be a figure in which having laid the above-mentioned piezo-electric actuator array 10, the elastic member 30, and the micro mirror 41, and showing those physical relationship, and if it puts in another way, it will be the plan which looked at the inside of the micro mirror device of this invention which makes them a component through a fluoroscope. The elastic member 30 which presents a lattice-like pattern by referring to drawing 2, drawing 3, and drawing 4 collectively, While the intersection Q of the lattice which is connecting the crowning 7 of two or more piezoelectric devices 31 which constitute the piezo-electric actuator array 10 and for which 16 pieces exist is positioned by the center of the crowning 7 of the 16 piezoelectric devices 31, He can understand that the narrow supporter 42 which connects the four micro mirrors 41 to the intersection R of four lattices enclosed on the intersection Q in every four pieces is positioned.

[0038]

Drawing 6 (a), drawing 6 (b), and drawing 7 by the elastic displacement of the four piezoelectric device 31 (it is considered as the piezoelectric devices 31a, 31b, 31c, and 31d for convenience, respectively) which constitutes the piezo-electric actuator array 10. It is a figure showing signs that the angle (mirror plane 43) of the micro mirror 41 is changed, and a side view and drawing 7 of drawing 6 (a) and drawing 6 (b) are perspective views.

[0039]

Drawing 6 (a) is in the state (electric field are not given) of OFF of any piezoelectric device, and the micro mirror 41 has turned to the straight top in general. Drawing 6 (b) by adding electric field to the piezoelectric devices 31a and 31b, turning OFF the piezoelectric devices 31c and 31d. By not displacing the piezoelectric devices 31c and 31d, and displacing the piezoelectric devices 31a and 31b up, When the central close part (intersection R close part) concerning the connection of the elastic member 30 which connects the crowning of the piezoelectric device 31a (31b) and the piezoelectric device 31c (31d) bends, the narrow supporter 42 inclines and the angle (mirror plane 43) of the micro mirror 41 is changed through it. Same operation may be carried out by not displacing the piezoelectric devices 31a and 31b, and displacing the piezoelectric devices 31c and 31d caudad.

[0040]

The state where drawing 7 did not displace only the piezoelectric device 31d, and the piezoelectric devices 31a, 31b, and 31c were displaced up (or the piezoelectric devices 31a, 31b, and 31c are not displaced, and) The elastic member 30 which is in the state where only the piezoelectric device 31d was displaced caudad, and connects each piezoelectric devices [ 31a, 31b, 31c, and 31d ] crowning. The central close part (intersection R close part) concerning the connection bends, the narrow supporter 42 inclines, and the angle (mirror plane 43) of the micro mirror 41 changes through it.

[0041]

Next, how to manufacture the micro mirror device of this invention is explained with the material used. The micro mirror device of this invention can be obtained by producing a piezo-electric actuator array, an elastic member, a micro mirror, and the independent component that serves as a narrow supporter if required, respectively, and assembling it. The above-mentioned piezo-electric actuator array 10, the elastic member 30, and the micro mirror 41 are produced and assembled hereafter, and the case where a micro mirror device is produced is taken and explained to an example.

[0042]

About the method and material which produce the piezo-electric actuator array 10, a description is omitted according to the description of the patent documents 4. It is preferred to use the charge of a ceramic material of a PZT (PZT) system, etc., using a green sheet laminated layers method as a manufacturing method. In detail, it is explained to the manufacturing method of a low

dusting-characteristics matrix type piezo-electricity (/electrostriction) device of the patent documents 4, and the clause of material \*\*.

[0043]

The elastic member 30 obtains a sheet shaped commercial spring material, and should just process it into a lattice-like pattern by processing means, such as punching \*\* etching and laser processing. As a spring material, resin materials, such as metal, such as stainless steel, and polyimide, are used suitably.

[0044]

The micro mirror 41 obtains a square mirror substrate, and is obtained by coating the whole surface with material with high reflectance, and forming a mirror plane. As a material of the mirror substrate, metal, silicon, ceramics, etc. are employable. Since a tabular material with surface high surface smoothness is easily available, silicon is more desirable. As a material with which a mirror substrate is coated, gold, aluminum, etc. are used suitably. As the method of coating, sputtering process, vacuum deposition, plating, etc. are adopted suitably.

[0045]

The narrow supporter 42 can be formed as a height united with the micro mirror 41 side, for example. A height is formed in the rear face of a mirror substrate by etching etc., and it is specifically good also considering it as the narrow supporter 42, or it applies so that adhesives may be heaped up only to a connection part with the elastic member 30 in the rear face of a mirror substrate, and a height is formed, and it is good also considering it as the narrow supporter 42. A height may be formed in the elastic member 30 (portion of intersection R) side.

[0046]

Next, erection is explained. First, the elastic member 30 which presents a lattice-like pattern is fixed to the piezo-electric actuator array 10 so that the 16 intersections Q may be positioned by the center of the crowning 7 of the 16 piezoelectric devices 31. As for this immobilization, it is desirable to carry out by pasting up the portion which the crowning 7 of 31 of the elastic member 30 and a piezoelectric device touches. In this state where it fixed, the unnecessary portion of the elastic member 30 may be separated so that the elastic member 30 may be equipped independently each micro mirror 41 of every behind. As a method of separating, means of wire-saw processing etc., such as machining and laser processing, are applicable. The translator constituted from the piezo-electric (the micro mirror 41 does not exist) actuator array 10 and the elastic member 30 for changing the elastic displacement of the piezoelectric device 31 into the rotation displacement to the biaxial direction by the above is obtained.

[0047]

Next, the four micro mirrors 41 are attached to the above-mentioned translator. This attachment is performed so that the narrow supporter 42 formed in the field used as the rear face of each micro mirror 41 may be positioned and connected to each four intersections R of the elastic member 30. After aligning the four micro mirrors 41 in the state where the rear face was turned up, beforehand as a concrete desirable mounting means at a tentative fixing means, applying adhesives to the narrow supporter 42 and pasting the above-mentioned rolling mechanism, the method of separating a tentative fixing means can be mentioned. As a tentative fixing means, the method of fixing to a fixture with a wax etc. or the method of using UV (ultraviolet rays) release tape, a heat firing sheet, etc. is employable.

[Industrial applicability]

[0048]

The micro mirror device of this invention is suitably used for an optical switch, an optical scanner, an image display device, etc.

[Brief Description of the Drawings]

[0049]

[Drawing 1] It is a perspective view showing one embodiment of the piezo-electric actuator array which constitutes the micro mirror device of this invention.

[Drawing 2] It is a top view of the piezo-electric actuator array shown in drawing 1.

[Drawing 3] It is a top view showing one embodiment of the elastic member which constitutes the micro mirror device of this invention.

[Drawing 4] It is a top view showing one embodiment of the micro mirror which constitutes the micro mirror device of this invention.

[Drawing 5] It is the top view on top of which the piezo-electric actuator array shown in drawing 2, the elastic member shown in drawing 3, and the micro mirror shown in drawing 4 were laid.

[Drawing 6 (a)] It is the figure which expressed signs that the angle of a micro mirror was changed, by the elastic displacement of two or more piezoelectric devices which constitute a piezo-electric actuator array, and is a side view showing the state before the angle is changed.

[Drawing 6 (b)] It is the figure which expressed signs that the angle of a micro mirror was changed, by the elastic displacement of two or more piezoelectric devices which constitute a piezo-electric actuator array, and is a side view showing the state after the angle was changed.

[Drawing 7] It is the figure which expressed signs that the angle of a micro mirror was changed, by the elastic displacement of two or more piezoelectric devices which constitute a piezo-electric actuator array, and is a perspective view showing the state after the angle was changed.

[Drawing 8 (a)] It is a top view showing an example of the conventional micro mirror device.

[Drawing 8 (b)] It is a figure showing the AA' section in drawing 8 (a).

[Explanations of letters or numerals]

[0050]

2 [ -- A piezo-electric actuator array, ] -- A ceramic substrate, 4 -- A piezo electric crystal, 7 -- A crowning, 10 18, 19 [ -- A micro mirror, 42 / -- A narrow supporter, 43 / -- A mirror plane, 80 / -- (former) A micro mirror device, 81 / -- A micro mirror, 82 / -- A torsion bar spring, 83 / -- An electrode, 84 / -- Mirror placing part. ] -- An electrode, 30 -- An elastic member, 31 -- A piezoelectric device, 41

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[0049]

[Drawing 1] It is a perspective view showing one embodiment of the piezo-electric actuator array which constitutes the micro mirror device of this invention.

[Drawing 2] It is a top view of the piezo-electric actuator array shown in drawing 1.

[Drawing 3] It is a top view showing one embodiment of the elastic member which constitutes the micro mirror device of this invention.

[Drawing 4] It is a top view showing one embodiment of the micro mirror which constitutes the micro mirror device of this invention.

[Drawing 5] It is the top view on top of which the piezo-electric actuator array shown in drawing 2, the elastic member shown in drawing 3, and the micro mirror shown in drawing 4 were laid.

[Drawing 6 (a)] It is the figure which expressed signs that the angle of a micro mirror was changed, by the elastic displacement of two or more piezoelectric devices which constitute a piezo-electric actuator array, and is a side view showing the state before the angle is changed.

[Drawing 6 (b)] It is the figure which expressed signs that the angle of a micro mirror was changed, by the elastic displacement of two or more piezoelectric devices which constitute a piezo-electric actuator array, and is a side view showing the state after the angle was changed.

[Drawing 7] It is the figure which expressed signs that the angle of a micro mirror was changed, by the elastic displacement of two or more piezoelectric devices which constitute a piezo-electric actuator array, and is a perspective view showing the state after the angle was changed.

[Drawing 8 (a)] It is a top view showing an example of the conventional micro mirror device.

[Drawing 8 (b)] It is a figure showing the AA' section in drawing 8 (a).

---

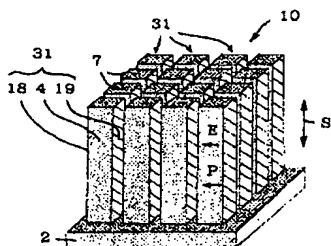
[Translation done.]



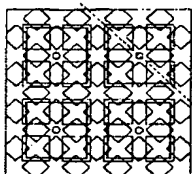
JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.  
2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.  
3.In the drawings, any words are not translated.

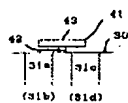
[Drawing 1]



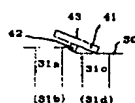
[Drawing 5]



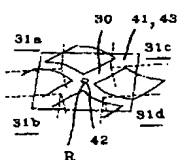
[Drawing 6 (a)]



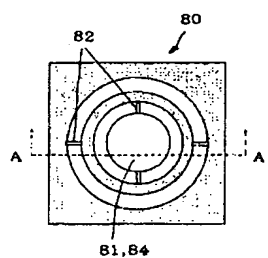
[Drawing 6 (b)]



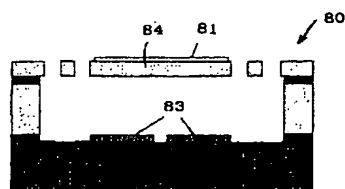
[Drawing 7]



[Drawing 8 (a)]



[Drawing 8 (b)]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-113437

(P2006-113437A)

(43) 公開日 平成18年4月27日(2006.4.27)

(51) Int. Cl.

F 1

テーマコード (参考)

G 0 2 B 26/08 (2006.01)

G 0 2 B 26/08

E

2 H 0 4 1

B 8 1 B 3/00 (2006.01)

B 8 1 B 3/00

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2004-302639 (P2004-302639)  
 (22) 出願日 平成16年10月18日 (2004.10.18)

(71) 出願人 000004064  
 日本碍子株式会社  
 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号  
 (74) 代理人 100088616  
 弁理士 渡邊 一平  
 (72) 発明者 川口 電生  
 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号  
 日本碍子株式会社内  
 (72) 発明者 大森 誠  
 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号  
 日本碍子株式会社内  
 Fターム(参考) 2H041 AA14 AA18 AB14 AC08 AZ08

(54) 【発明の名称】 マイクロミラーデバイス

## (57) 【要約】

【課題】 光スイッチに適用可能であり、光ビームの歪みが生じ難く、光信号を高速で切り替えることが可能な、マイクロミラーデバイスを提供すること。

【解決手段】 マイクロミラーと、複数の圧電素子が配列された圧電アクチュエータアレイと、を具備するマイクロミラーデバイスの提供による。このマイクロミラーデバイスは、マイクロミラーと圧電アクチュエータアレイとの間に弾性部材が備わっており、圧電アクチュエータアレイを構成する圧電素子の伸縮変位が、弾性部材を介して、マイクロミラーの2軸方向への回転変位に変換されるところに特徴がある。

【選択図】 なし

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

マイクロミラーと、そのマイクロミラーの鏡面の法線方向に伸縮変位を発現する複数の圧電素子が配列された圧電アクチュエータアレイと、を具備し、前記圧電アクチュエータアレイが前記マイクロミラーの裏面に配設されるマイクロミラーデバイスであって、

前記マイクロミラーと前記圧電アクチュエータアレイとの間に、前記圧電アクチュエータアレイを構成する複数の圧電素子の頂部の連結をする弾性部材が備わり、

前記マイクロミラーと前記弾性部材とが、前記弾性部材の前記連結をする部分に設けられた狭小支持部を介して接続されてなり、

前記圧電アクチュエータアレイを構成する圧電素子の前記伸縮変位が、前記弾性部材を介して、前記マイクロミラーの 2 軸方向への回転変位に変換されるマイクロミラーデバイス。

10

## 【請求項 2】

前記圧電アクチュエータアレイは、前記複数の圧電素子が、柱体形状を呈し、セラミック基体の一の面にマトリクス状に配列され、前記セラミック基体と焼成一体化して形成されており、圧電横効果による変位を生じる素子であり、

前記弾性部材は、格子状パターンを呈するシート状の部材である請求項 1 に記載のマイクロミラーデバイス。

## 【請求項 3】

前記圧電アクチュエータアレイを構成する複数の圧電素子の頂部の連結をする弾性部材が、個々の圧電素子の頂部近傍部分に比較して、前記連結にかかる複数の圧電素子の間の中央近傍部分の強度が小さく、前記狭小支持部が、その弾性部材の前記中央近傍部分に設けられる請求項 1 又は 2 に記載のマイクロミラーデバイス。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、圧電アクチュエータアレイを駆動機構として備え、圧電アクチュエータアレイの圧電素子が起こす変位によってマイクロミラーの角度を自由に変化させ得るマイクロミラーデバイスに関する。

## 【背景技術】

30

## 【0002】

近時、光電変換しない光通信ネットワークシステムの構築が一段と進んできており、今後、電気信号に代わる光によるネットワークシステムが主流になっていくと考えられている。このような背景の下、光通信ネットワークの大容量化に対応するため、光信号の経路を光のまま切り替えることが可能な光スイッチに期待が集まるとともに、その光スイッチへの利用、応用に好適なマイクロミラーデバイスの開発が急がれている。

## 【0003】

マイクロミラーデバイスは、1 次元乃至 2 次元的に配列された複数のマイクロミラーのそれぞれの角度を、2 軸方向に精密に制御することが出来るデバイスである。マイクロミラーの角度を制御することにより、そのマイクロミラーに入射した光ビームの反射方向の切替を行うことが出来、光スイッチの主構成部品として使用される。このようなマイクロミラーデバイスは、一般的には、シリコンプロセスを用いた MEMS (Micro Electro Mechanical System) 技術によって作製され、静電アクチュエータを駆動機構としている。

40

## 【0004】

静電アクチュエータを駆動機構とする従来のマイクロミラーデバイスの一例を、図 8 (a)、図 8 (b) に示す。図 8 (a) は平面図であり、図 8 (b) は図 8 (a) における AA' 断面を表す図である。図示されるマイクロミラーデバイス 80 は、容易に可動出来るように、トーションバー 82 によって支持されたミラー載置部 84 に、マイクロミラー 81 が取り付けられたデバイスである。マイクロミラーデバイス 80 は、電極 83 に通電

50

することによってミラー載置部 8 4 に静電力を働かせてミラー載置部 8 4 を傾かせ、マイクロミラー 8 1 の角度を制御し得るデバイスである。尚、マイクロミラー、又はマイクロミラーを含んだ光スイッチにかかる先行文献として、特許文献 1 ～ 3 が挙げられる。

【特許文献 1】米国特許第 5, 9 6 0, 1 3 2 号明細書

【特許文献 2】米国特許第 6, 0 7 2, 9 2 4 号明細書

【特許文献 3】特開平 8 - 3 2 0 4 4 1 号公報

【特許文献 4】米国特許出願公開第 2 0 0 4 / 0 0 7 0 3 1 5 号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、図 8 (a)、図 8 (b) に示されるマイクロミラーデバイス 8 0 は、静電力を利用するものであるため、駆動力が小さく、マイクロミラー 8 1 を軽く薄くしなければならないという条件があった。その結果、マイクロミラー 8 1 の剛性が低下し変形し易くなり、光ビームが反射の後に歪み易いという問題が生じていた。又、マイクロミラー 8 1 の角度を変更する動作が遅く、光信号を高速で切り替えることが困難であった。

【0006】

本発明は、このような従来の課題に鑑みてなされたものであり、本発明の目的とするところは、静電力を利用した従来のマイクロミラーデバイスの欠点を克服したマイクロミラーデバイスを提供することにある。研究が重ねられた結果、剛性の高い（即ち重い）マイクロミラーを高速で駆動出来るような、駆動力が大きく精密な位置決め制御が可能な圧電アクチュエータ（アレイ）を駆動機構として用い、その圧電アクチュエータ（圧電素子）の起こす伸縮変位を、マイクロミラーの 2 軸方向への回転変位に変換するしくみを具備するマイクロミラーデバイスによって、光ビームの歪み等を抑制し、且つ光信号をより速く切り替えることが可能であることを見出し、本発明が完成した。

【課題を解決するための手段】

【0007】

即ち、先ず、本発明によれば、マイクロミラーと、そのマイクロミラーの鏡面の法線方向に伸縮変位を発現する複数の圧電素子が配列された圧電アクチュエータアレイと、を具備し、圧電アクチュエータアレイがマイクロミラーの裏面に配設されるマイクロミラーデバイスであって、マイクロミラーと圧電アクチュエータアレイとの間に、圧電アクチュエータアレイを構成する複数の圧電素子の頂部の連結をする弾性部材が備わり、マイクロミラーと弾性部材とが、弾性部材の、上記連結をする部分に設けられた狭小支持部を介して接続されてなり、圧電アクチュエータアレイを構成する圧電素子の伸縮変位が、弾性部材を介して、マイクロミラーの 2 軸方向への回転変位に変換されるマイクロミラーデバイスが提供される。

【0008】

本発明のマイクロミラーデバイスは、マイクロミラーの数を限定せず 1 つ以上であればよいが、1 つのマイクロミラーに対して複数の圧電素子が組み合わせられる。1 つのマイクロミラーを 2 軸方向に回転させるには、少なくとも、3 つ以上の圧電素子（アクチュエータ）、又は 2 つの圧電素子と 1 つの固定部（動かない圧電素子でもよい）、を組み合わせればよい。この組み合わせで少なくとも 1 つ以上の圧電素子を伸縮変位させることによって、圧電素子の頂部の連結をする弾性部材が撓み、その変形を介して、マイクロミラーの角度を可変にすることが可能である。

【0009】

狭小支持部は、弾性部材側からみるとマイクロミラーを支持する部分であり、その狭小とは、特に大きさを限定しないが、少なくともマイクロミラーと弾性部材のそれぞれが、狭小支持部と接合する部分において、十分に固定される強度を有し、圧電アクチュエータアレイの圧電素子が発現する変位が、再現性よく、マイクロミラーに伝達し得る限りにおいて、狭小支持部と弾性部材とが接合する部分の面積が、より小さくなる程度を意味する。このような狭小支持部によりマイクロミラーと弾性部材とが接続されていれば、圧電素

10

20

30

40

50

子が発現する変位によって生じる弾性部材の変形が、より増幅されてマイクロミラーに伝わるからである。狭小支持部は、限定されないが、例えば細円柱体形状のものを採用出来る。

【0010】

又、狭小支持部は、マイクロミラーと弾性部材との接続を介在する部分であり、弾性部材側に一体化した突起部であってよく、マイクロミラー側に一体化した突起部であってもよく、それ自体が独立して成形される部材であってもよい。

【0011】

更に、狭小支持部が設けられる位置は、弾性部材の、複数の圧電素子の頂部の連結をする部分であれば限定されないが、より好ましい位置は、複数の圧電素子の頂部の間の中央である。複数の圧電素子が発現する変位が、均等に、マイクロミラーに伝わるため、その角度の制御が容易になるからである。

10

【0012】

弾性部材の弾性とは塑性に対する弾性を意味し、弾性部材は、物体に外から力を加えれば変形しその力を取り除けば元の形に戻ろうとする性質を備えた部材であり、例えば金属製の部材が該当する。

【0013】

本発明のマイクロミラーデバイスにおいては、圧電アクチュエータアレイは、複数の圧電素子が、柱体形状を呈し、セラミック基体の一の面にマトリクス状に配列され、セラミック基体と焼成一体化して形成されており、圧電横効果による変位を生じる素子であり、弾性部材は、格子状パターンを呈するシート状の部材であることが好ましい。

20

【0014】

上記のような圧電横効果の変位を利用した圧電アクチュエータアレイとして、例えば、本出願人の開示した特許文献4中に記載されている低発塵性マトリクス型圧電（／電歪）デバイスであって、圧電横効果の変位を発現するものが好適である。圧電横効果の変位とは、分極方向と同じ方向に電界を加えたときにそれらとは垂直方向に伸縮するように圧電素子の変形するときのその変位をいう。

【0015】

圧電アクチュエータアレイを構成する圧電素子は、圧電体を少なくとも一対の電極で挟んだ変位素子であり、限定されるものではないが、圧電素子は、偶数の層状の圧電体を備えており、その各々の面には層状の共通電極及び層状の個別電極が交互に挟まれ、且つ、層状の共通電極が最外層となるように積層をされていることが好ましく、層状の圧電体の層数は4以上の偶数であることが、更に好ましい。

30

【0016】

本発明のマイクロミラーデバイスにおいては、圧電アクチュエータアレイを構成する複数の圧電素子の頂部の連結をする弾性部材が、個々の圧電素子の頂部近傍部分に比較して、連結にかかる複数の圧電素子の（頂部の）間の中央近傍部分の強度が小さく、狭小支持部が、その弾性部材の中央近傍部分に設けられることが好ましい。

【0017】

中央近傍部分の強度を小さくする手段は限定されず、例えば、その中央近傍部分の材料の性質を変化させる等により部分的に材料強度を低下させてもよいが、より容易な手段として、その中央近傍部分を細くする、薄くする等により、構造強度として小さくする方法が採用出来る。

40

【0018】

本発明のマイクロミラーデバイスにおいては、マイクロミラーが複数備わり、弾性部材が、個々のマイクロミラー毎に独立して備わることが好ましい。

【0019】

弾性部材が独立して備わるとは、圧電素子の伸縮変位をマイクロミラーへ伝達する弾性部材が、マイクロミラー毎に切り離されていることを意味する。

【0020】

50

本発明のマイクロミラーデバイスにおいて、マイクロミラーの表面が鏡面であり、マイクロミラーの裏面側に駆動機構である圧電アクチュエータアレイが配設される。マイクロミラーの形状は限定されず、円形、楕円形等であってもよいが、その駆動機構として、複数の圧電素子が好ましくはマトリクス状に配列された圧電アクチュエータアレイを使用することから、それに合わせてより鏡面の有効面積を大きく出来る形状が好ましい。例えば、正方形、長方形等である。

#### 【発明の効果】

##### 【0021】

本発明のマイクロミラーデバイスは、マイクロミラーの駆動機構として、静電アクチュエータではなく圧電アクチュエータ（アレイ）を用い、マイクロミラーと圧電アクチュエータアレイとの間に所定の弾性部材を備え、圧電アクチュエータアレイの圧電素子の伸縮変位を、弾性部材を介して、マイクロミラーの2軸方向への回転変位に変換して、マイクロミラーの角度を変化させているので、剛性の高いマイクロミラーを高速で駆動して、その角度を変化させることが出来る。

##### 【0022】

本発明のマイクロミラーデバイスは、その好ましい態様において、上記所定の弾性部材が、個々の圧電素子の頂部近傍部分に比較して、連結にかかる複数の圧電素子の（頂部の）間の中央近傍部分の強度を小さくし、その弾性部材の中央近傍部分、即ち強度が小さい部分に、狭小支持部が設けられる。従って、弾性部材の変形が、その強度が小さい部分に集中するため、圧電素子が発現する伸縮変位を、より効率的にマイクロミラーの回転変位に変換することが出来る。

##### 【0023】

本発明のマイクロミラーデバイスは、その好ましい態様において、マイクロミラーが複数備わり、弾性部材が、個々のマイクロミラー毎に切り離されて独立して備わるので、隣接するマイクロミラーの回転変位の間のクロストークが生じ難く、マイクロミラーの角度制御が、より精度よく行える。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

##### 【0024】

以下、本発明について、適宜、図面を参酌しながら、実施の形態を説明するが、本発明はこれらに限定されて解釈されるべきものではない。本発明の要旨を損なわない範囲で、当業者の知識に基づいて、種々の変更、修正、改良、置換を加え得るものである。例えば、図面は、好適な本発明の実施の形態を表すものであるが、本発明は図面に表される態様や図面に示される情報により制限されない。本発明を実施し又は検証する上では、本明細書中に記述されたものと同様の手段若しくは均等な手段が適用され得るが、好適な手段は、以下に記述される手段である。

##### 【0025】

本発明のマイクロミラーデバイスを構成する圧電素子及び圧電アクチュエータアレイは、圧電と表現されているが、電界によって誘起される歪みを利用する素子及びそれを配列したアレイ状のアクチュエータであって、狭義の意味での、印加電界に概ね比例した歪み量を発生する圧電効果を利用する素子等に限定されず、印加電界の二乗に概ね比例した歪み量を発生する電歪効果、強誘電体材料全般にみられる分極反転、反強誘電体材料にみられる反強誘電相－強誘電相間の相転移、等の現象を利用する素子等も含まれる。分極処理が行われるか否かについても、圧電素子の圧電体にかかる材料の性質に基づいて適宜決定される。尚、圧電素子を構成する圧電体とは圧電材料（同様に狭義ではない）が一定形状をしたものをいう。

##### 【0026】

本発明のマイクロミラーデバイスは、マイクロミラーと圧電アクチュエータアレイとを具備し、圧電アクチュエータアレイがマイクロミラーの裏面に配設されてなるものである。圧電アクチュエータアレイは複数の圧電素子が配列されたものであり、その個々の圧電素子はマイクロミラーの鏡面の法線方向に伸縮変位を発現する。本発明のマイクロミラー

デバイスは、マイクロミラーと圧電アクチュエータアレイとの間に弾性部材が備わっており、その弾性部材が、圧電アクチュエータアレイを構成する複数の圧電素子の頂部の連結をしている。そして、マイクロミラーと弾性部材とが、弾性部材の上記連結をする部分に設けられた狭小支持部を介して接続されている。このような形態を有する本発明のマイクロミラーデバイスは、上記圧電素子の伸縮変位が、上記弾性部材を介して、マイクロミラーの2軸方向への回転変位に変換され、マイクロミラーの角度を変更可能とするものである。

#### 【0027】

以下、本発明のマイクロミラーデバイスの構成要素について、順次説明する。尚、これから構成要素を説明するマイクロミラーデバイスは、マイクロミラーが4つ備わり、それぞれのマイクロミラーに対して4つの圧電素子が組み合わされたものである。

#### 【0028】

先ず、圧電アクチュエータアレイについて説明する。図1は、本発明のマイクロミラーデバイスを構成する圧電アクチュエータアレイの一実施形態を示す斜視図であり、図2は、その平面図（図1における上面図）である。図示される圧電アクチュエータアレイ10は、セラミック基体2の上に、圧電体4と一对の電極18、19とからなる柱体形状の圧電素子31が、マトリクス状に16個（ $=4 \times 4$ ）配列されてなるアレイ状のアクチュエータであり、セラミック基体2と圧電素子31（圧電体4）とが焼成一体化され形成されたものである。尚、電極18が圧電素子毎に独立した個別電極であり、電極19が全ての圧電素子に共通する共通電極である。

#### 【0029】

図1に示される個々の圧電素子31は、1つの柱体形状の圧電体4と、それを挟んだ一对の電極18、19と、で構成されるものとして表されているが、本発明のマイクロミラーデバイスにおいて、より好ましい圧電素子は、偶数の層状の圧電体を有し、その各々の面に層状の個別電極（例えば電極18相当）及び層状の共通電極（例えば電極19相当）を交互に挟み、且つ層状の共通電極が最外層となるように積層をされ、全体として柱体形状を呈する態様のものである。更に、圧電体の層数は4以上の偶数であることが好ましい。層数を偶数にすることにより、最外層の二面に露出する電極を何れも共通電極にすることが可能となり、隣接する圧電素子の間で電気的な短絡が起こり難くなるからである。又、層数が2の場合には、その2つの層の厚さが僅かに異なった場合に、変位の真直性が悪化する（図1中の左右方向に動いてしまう）可能性があるが、4以上の偶数であれば、圧電体の厚さの差による影響を低減することが出来るからである。

#### 【0030】

それぞれの圧電素子31（圧電体4）は、圧電横効果による変位を生じる素子であり、セラミック基体2の上でその下端を固定され、分極方向Pと同じ方向に電界Eが加えられたときに、それらとは垂直方向である矢印S方向（図1中の上下方向）の伸縮変位を生じる。圧電アクチュエータアレイ10は、個々の圧電素子31が、個別にあるいは一斉に、そのような伸縮変位を起こすことにより、マイクロミラーを駆動する、マイクロミラーの駆動機構である。

#### 【0031】

加えて、圧電素子31は、その圧電体4の電極18、19を形成した側面が、何ら加工が施されていない未加工焼成面になっている（特許文献4参照）。その結果、パーティクルの発生が長期にわたり抑制され、圧電アクチュエータアレイ10の駆動動作に起因したマイクロミラーの鏡面の汚れは、生じ難い。

#### 【0032】

次に、弾性部材について説明する。図3は、本発明のマイクロミラーデバイスを構成する弾性部材の一実施形態を示す平面図である。図示されるように、弾性部材30は、格子状パターンを呈するシート状の部材であり、その格子状パターンは、上記圧電アクチュエータアレイ10を構成する複数の圧電素子31の頂部7（図1参照）の連結をするように形成されており、16個存在する格子の交点Qが16個の圧電素子31の頂部7の中心に

10

20

30

40

50



位置決めされるとともに、4個毎の交点Qで囲われた4個の格子の交点Rに4つのマイクロミラーを接続する狭小支持部が位置決めされて設けられる。

【0033】

尚、弾性部材30は、格子部分が一定の幅で形成されたものであるが、既述の通り、弾性部材は、個々の圧電素子の頂部近傍部分（即ち交点Q近傍部分）の格子の幅に比較して、連結にかかる複数の圧電素子の頂部の間の中央近傍部分（即ち交点R近傍部分）の格子の幅を細く（狭く）して、その部分の構造強度を小さくしたものであってもよい。

【0034】

又、弾性部材30は、格子部分が全てつながっている一体の部材として表されているが、既述の通り、弾性部材は、4つのマイクロミラー毎に独立させてもよい。即ち、1つのマイクロミラーに対応する、4個の交点Qとそれで囲われた1個の交点Rが1組になるように、弾性部材の格子を切り離してもよい。

【0035】

次に、マイクロミラーについて説明する。図4は、本発明のマイクロミラーデバイスを構成するマイクロミラーの一実施形態を示す平面図である。図示される4つのマイクロミラー41は、正方形を呈し、その一面（表面）が鏡面43であり、他の面（裏面）には、その中心に狭小支持部42が設けられている。

【0036】

狭小支持部42は、マイクロミラー41と一体化した、概ね円柱体形状の小さな突起部として形成され、マイクロミラー41と、弾性部材30の交点R（複数の圧電素子の頂部の間の中央に相当）とを接続し、弾性部材30の上でマイクロミラー41を支持する。

【0037】

図5は、上記した圧電アクチュエータアレイ10、弾性部材30、マイクロミラー41を重ね合わせて、それらの位置関係を示した図であり、換言すれば、それらを構成要素とする本発明のマイクロミラーデバイスの、内部を透視した上面図である。図2、図3、図4を併せて参照することにより、格子状パターンを呈する弾性部材30が、圧電アクチュエータアレイ10を構成する複数の圧電素子31の頂部7の連結をしており、16個存在する格子の交点Qが16個の圧電素子31の頂部7の中心に位置決めされるとともに、4個毎の交点Qで囲われた4個の格子の交点Rに4つのマイクロミラー41を接続する狭小支持部42が位置決めされていることが、理解出来る。

【0038】

図6（a）、図6（b）、図7は、圧電アクチュエータアレイ10を構成する4つ圧電素子31（便宜上、それぞれ圧電素子31a、31b、31c、31dとする）の伸縮変位によって、マイクロミラー41の（鏡面43の）角度を変更する様子を表した図であり、図6（a）、図6（b）は側面図、図7は斜視図である。

【0039】

図6（a）は、何れの圧電素子もOFFの（電界を与えていない）状態であり、マイクロミラー41は概ね真っ直ぐ上を向いている。図6（b）は、圧電素子31c、31dをOFFにしたまま、圧電素子31a、31bに電界を加えることにより、圧電素子31c、31dは変位させず、圧電素子31a、31bを上方に変位させることによって、圧電素子31a（31b）と圧電素子31c（31d）との頂部の連結をする弾性部材30の、その連結にかかる中央近傍部分（交点R近傍部分）が撓むことにより、狭小支持部42が傾き、それを通じてマイクロミラー41の（鏡面43の）角度が変更される。尚、圧電素子31a、31bは変位させず、圧電素子31c、31dを下方に変位させることによって、同様の動作をさせてもよい。

【0040】

図7は、圧電素子31dのみを変位させず、圧電素子31a、31b、31cを上方に変位させた状態（あるいは圧電素子31a、31b、31cを変位させず、圧電素子31dのみを下方に変位させた状態）であり、圧電素子31a、31b、31c、31dのそれぞれの頂部の連結をする弾性部材30の、その連結にかかる中央近傍部分（交点R近傍

10

20

30

40

50

部分)が撓み、狭小支持部42が傾き、それを通じてマイクロミラー41の(鏡面43の)角度が変わる。

【0041】

次に、本発明のマイクロミラーデバイスを製造する方法について、用いられる材料とともに、説明する。本発明のマイクロミラーデバイスは、圧電アクチュエータアレイ、弾性部材、マイクロミラー、必要なら狭小支持部となる独立した部材を、それぞれ作製し、組み立てることにより得ることが出来る。以下、上記した圧電アクチュエータアレイ10、弾性部材30、マイクロミラー41を作製し、組み立てて、マイクロミラーデバイスを作製する場合を例にとって、説明する。

【0042】

圧電アクチュエータアレイ10を作製する方法及び材料については、特許文献4の記載に従うものとし、記載を省略する。製造方法としてグリーンシート積層法を用い、ジルコン酸チタン酸鉛(PZT)系のセラミック材料等を用いることが好ましい。詳しくは、特許文献4の、低発塵性マトリクス型圧電(ノ電歪)デバイスの製造方法、及び、材料、の項に説明されている。

【0043】

弾性部材30は、市販のシート状の弾性材料を入手し、打抜、エッチング、レーザー加工、等の加工手段によって格子状パターンに加工すればよい。弾性材料としては、ステンレス等の金属やポリイミド等の樹脂材料が好適に用いられる。

【0044】

マイクロミラー41は、正方形のミラー基板を得て、その一面を反射率の高い材料でコーティングして鏡面を形成することによって得られる。そのミラー基板の材料としては、金属、シリコン、セラミック等が採用出来る。表面の平坦性が高い板状の材料が容易に入手可能なことから、シリコンが、より望ましい。ミラー基板にコーティングされる材料としては、金やアルミニウム等が好適に用いられる。コーティングの方法としては、スパッタリング法、蒸着法、メッキ法等が好適に採用される。

【0045】

狭小支持部42は、例えばマイクロミラー41側に一体化した突起部として形成することが出来る。具体的には、ミラー基板の裏面にエッチング等により突起部を形成し、それを狭小支持部42としてもよいし、あるいは、ミラー基板の裏面において弾性部材30との接続個所のみに接着剤を盛り上げるように塗布して突起部を形成し、それを狭小支持部42としてもよい。更には、弾性部材30(交点Rの部分)の側に突起部を形成しておいてもよい。

【0046】

次に、組立てについて説明する。まず、格子状のパターンを呈する弾性部材30を、16個の交点Qが16個の圧電素子31の頂部7の中心に位置決めされるように、圧電アクチュエータアレイ10に固定する。この固定は、弾性部材30と圧電素子の31の頂部7が接する部分を接着することで行うことが望ましい。この固定した状態で、のちに弾性部材30が個々のマイクロミラー41毎に独立して備わるように、弾性部材30の不要な部分を切り離しておいてもよい。切り離す方法としては、ワイヤーソー加工等の機械加工やレーザー加工等の手段が適用出来る。以上により、圧電素子31の伸縮変位を2軸方向への回転変位に変えるための、(マイクロミラー41の存在しない、)圧電アクチュエータアレイ10及び弾性部材30で構成された変換機構が得られる。

【0047】

次に、4つのマイクロミラー41を上記変換機構に取り付ける。この取付は、個々のマイクロミラー41の裏面となる面に設けた狭小支持部42が、弾性部材30の4つの各交点Rに位置決めされ接続されるように行う。具体的な望ましい取付手段としては、予め4つのマイクロミラー41を、その裏面を上にした状態で仮固定手段に整列させておき、狭小支持部42に接着剤を塗布して、上記回転機構に接着した後、仮固定手段を分離する方法を挙げることが出来る。仮固定手段としては、ワックス等により治具に固定する方法、

10

20

30

40

50

あるいはUV（紫外線）剥離テープや熱発砲シート等を利用する方法が採用出来る。

【産業上の利用可能性】

【0048】

本発明のマイクロミラーデバイスは、光スイッチ、光スキャナ、画像表示装置等に、好適に利用される。

【図面の簡単な説明】

【0049】

【図1】本発明のマイクロミラーデバイスを構成する圧電アクチュエータアレイの一実施形態を示す斜視図である。

【図2】図1に示される圧電アクチュエータアレイの平面図である。

10

【図3】本発明のマイクロミラーデバイスを構成する弾性部材の一実施形態を示す平面図である。

【図4】本発明のマイクロミラーデバイスを構成するマイクロミラーの一実施形態を示す平面図である。

【図5】図2に示される圧電アクチュエータアレイ、図3に示される弾性部材、及び図4に示されるマイクロミラーを重ね合わせた平面図である。

【図6(a)】圧電アクチュエータアレイを構成する複数の圧電素子の伸縮変位によって、マイクロミラーの角度が変更される様子を表した図であり、その角度が変更される前の状態を示す側面図である。

【図6(b)】圧電アクチュエータアレイを構成する複数の圧電素子の伸縮変位によって、マイクロミラーの角度が変更される様子を表した図であり、その角度が変更された後の状態を示す側面図である。

20

【図7】圧電アクチュエータアレイを構成する複数の圧電素子の伸縮変位によって、マイクロミラーの角度が変更される様子を表した図であり、その角度が変更された後の状態を示す斜視図である。

【図8(a)】従来のマイクロミラーデバイスの一例を示す平面図である。

【図8(b)】図8(a)におけるAA'断面を表す図である。

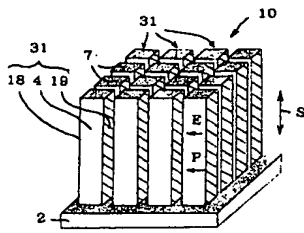
【符号の説明】

【0050】

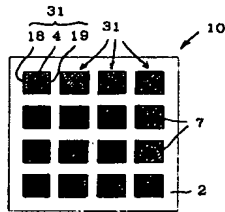
2…セラミック基体、4…圧電体、7…頂部、10…圧電アクチュエータアレイ、18、19…電極、30…弾性部材、31…圧電素子、41…マイクロミラー、42…狭小支持部、43…鏡面、80…（従来の）マイクロミラーデバイス、81…マイクロミラー、82…トーションバー、83…電極、84…ミラー載置部。

30

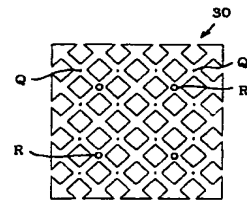
【図 1】



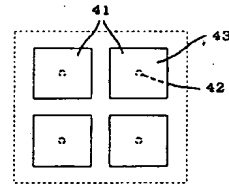
【図 2】



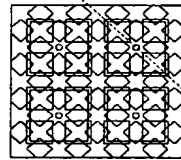
【図 3】



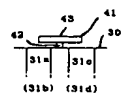
【図 4】



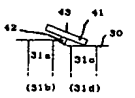
【図 5】



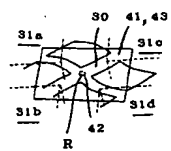
【図 6 (a)】



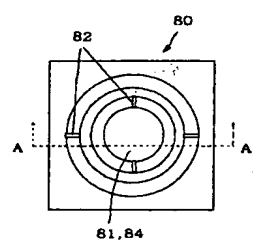
【図 6 (b)】



【図 7】



【図 8 (a)】



【図 8 (b)】

